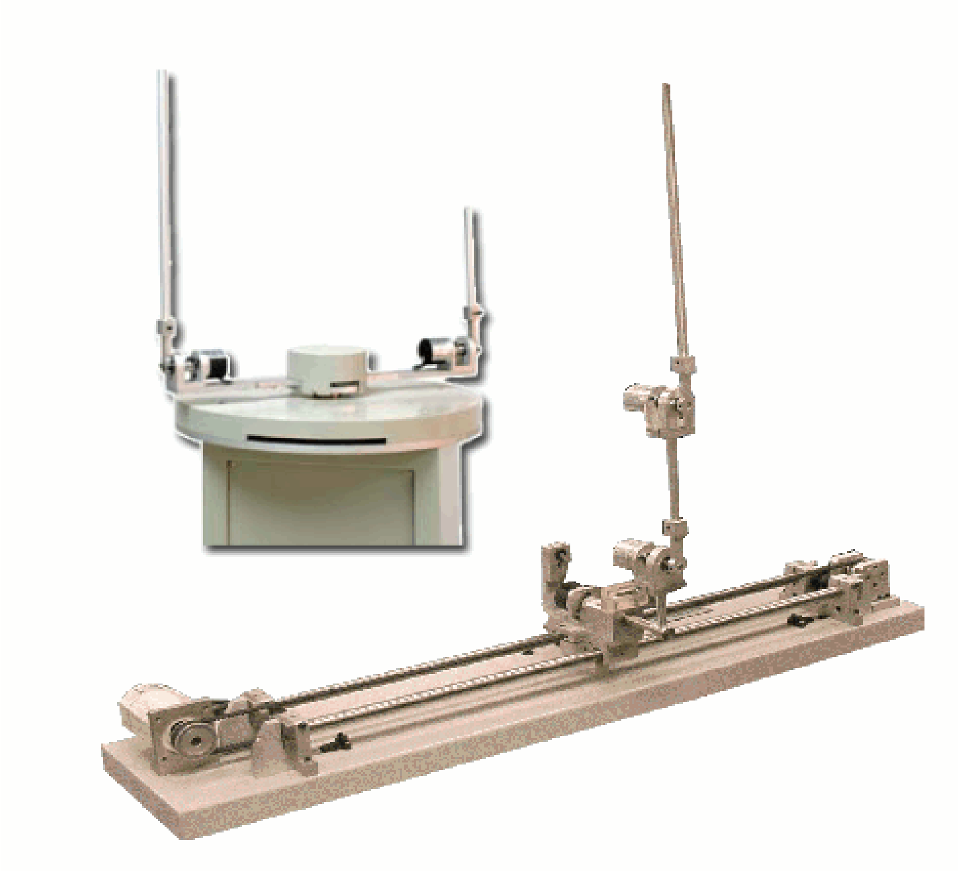
Googol Technology

倒立摆(教学实验设备)

GIP 系列

使用说明书



务必将此说明书交给客户

- 非常感谢您选购固高科技 GIP 系列倒立摆产品。
- 在您使用之前,请仔细阅读此说明书,确保正确使用。
- 如果您在使用中遇到技术故障，欢迎随时来电来函咨询。
  并请将此书妥善保存，以备随时查阅。

目　　录

目　　录..1
第一章 使用之前注意事项..2
安全警告 注意下列警告,以免伤害操作人员,防止机器人本体损坏。2
拆封开箱以后..3
第二章　系统概述..4
2.1 系统组成..4
2.1.1 倒立摆本体..5
2.1.2 电控箱内安装有如下主要部件：..6
2.1.3 控制平台主要由以下部分组成：..6
第三章　准备、安装与调整..7
3.1 运动控制器的安装...7
3.2　连线...7
3.2.1　直线型倒立摆连线..7
3.2.2　圆周型旋转倒立摆连线...9
3.3　软件安装..9
3.3.1　驱动安装..9
3.3.2　系统演示及实验软件的安装:..9
第四章 系统使用说明..11
4.1 直线型系统操作步骤(基于 Win98/MS-DOS)..11
4.1.1 直线一级摆操作步骤..11
4.1.2 直线二级摆操作步骤..11
4.1.3　一级摆软件操作说明...12
4.2 圆周型旋转倒立摆系统操作步骤..15
4.2.1 环形一级摆操作步骤..15
4.2.2 圆周型旋转倒立摆系统软件说明..15
第五章 维护及常见故障处理..18

第一章 使用之前注意事项

安全警告 注意下列警告,以免伤害操作人员,防止机器人本体损坏。

下面的“ 危险 ”和“ 警告 ”符号是按照事故可能会造成的伤害程度来确定的

	危险	指出存在一个潜在的危险，如不避免,可能会导致生命危险或严重伤害。
	警告	指出存在一个潜在的危险，如不避免，可能会导致轻度或中度伤害。

下面的符号指示哪些是禁止操作，哪些是必须操作的。

	禁止操作
	必须操作

将运动控制卡从防静电套中取出之前，请将手与有效接地的导体接触一会儿，以去除静电。不要用手接触卡上的芯片，以免损坏运动控制卡。建议带防静电手套。

不遵守该指示可能会造成控制卡的损坏。

如果是第一次使用请将摆杆卸下，请运行测试程序，确认系统正确无误。严禁擅自调整电机驱动器，否则造成后果自负，本公司概不负责。

此种情况可能会导致倒立摆损坏或人身伤害。

上、断电次序必须按：先开弱电（微机）进入 DOS 环境，后开强电（电控箱）;先关强电，后关弱电。使用前请仔细检查连线如果码盘连线接反,或断线,将会发生冲撞。

不遵守该指示会导致倒立摆失速，可能造成倒立摆损坏或人身伤害。

在直线型倒立摆工作时时，不要站在其侧面，应站在其正前方；若是环行倒立摆，不要站在其运动范围以内。

不遵守该指示可能会造成人身伤害。

拆封开箱以后

1. 打开包装以后，确保该产品是您所订之货；
2. 检查产品在运输中是否造成损坏，如机械臂本体上的光电限位开关等；
3. 检查产品的部件（包括连接电缆）是否缺少。
4. 如果产品内容不符合，有短缺或损坏，请与本公司或经销处联系。

第二章　系统概述

GIP 系列倒立摆系统是固高科技有限公司为全方位满足各类电机拖动和自动控制课程的教学需要而研制、开发的实验教学平台。GIP 系列的主导产品由直线运动型、旋转运动型和平面运动型三个子系列组成。

直线运动倒立摆的基本模块为直线运动控制模块，该模块由交流/直流伺服电机驱动滑动小车沿直线轴承滑动，完成定位控制和速度跟踪的任务。在滑动小车上加装一个单摆系统，构成经典的控制教学产品——单节倒立摆系统，可完成各类控制课程的教学实验，让学生具有一个可供实验验证的平台；在滑动小车上加装一个两节摆系统，则构成了比较复杂的控制教学平台——两节倒立摆系统。该系统可用一测试、研究和开发各类新的控制算法。

圆周运动倒立摆的基本模块为圆周运动控制模块，该模块由交流/直流伺服系统驱动负载质量块沿圆周运动，完成圆周运动定位和速度跟踪的教学任务。同样如果在圆周运动控制模块上加装单节或两节摆系统，就可构成更加复杂的的圆周单节或两节倒立摆系统，可用于各类控制课程的教学和研讨。

2.1 系统组成

倒立摆系统包含倒立摆本体、电控箱及由运动控制卡和普通 PC 机组成的控制平台等三大部分。系统组成框图见图 2-1。

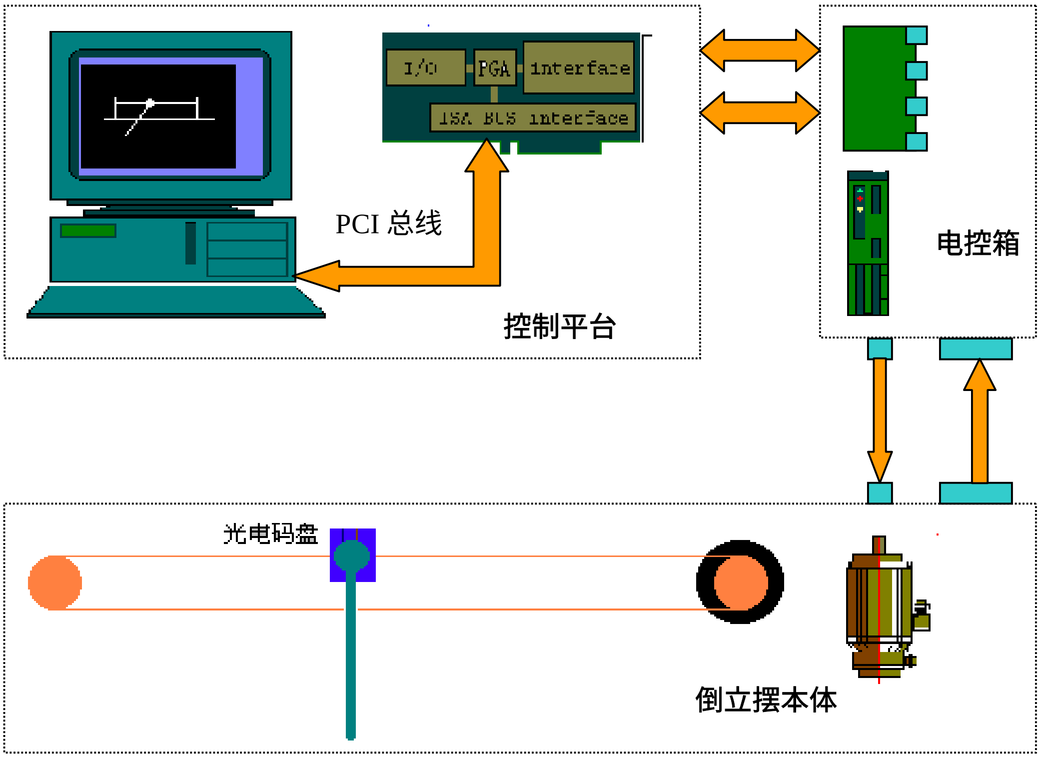


图 2-1　倒立摆系统框图

2.1.1 倒立摆本体

a）直线倒立摆本体(参照图 2-2)

小车由电机通过同步带驱动在滑杆上来回运动，保持摆杆平衡。电机编码器和角编码器向运动卡反馈小车和摆杆位置（线位移和角位移）。

- 基座
- 交流伺服电机
- 同步带
- 带轮
- 滑竿、滑套
- 滑台、摆杆
- 角编码器
- 限位开关

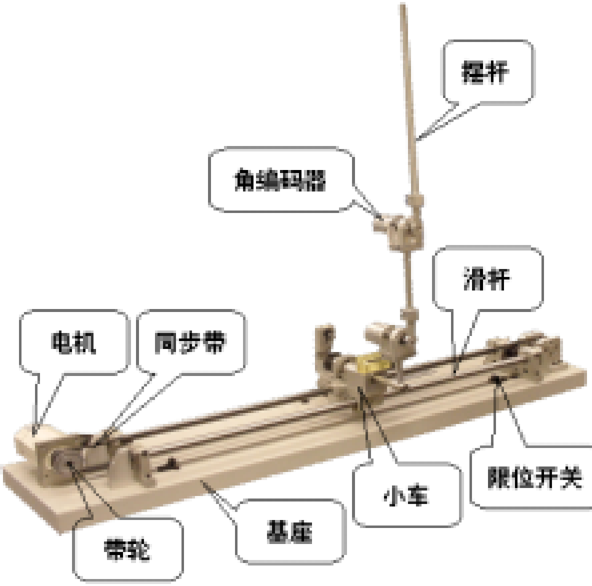


图 2-2 直线倒立摆本体

b）环形倒立摆本体

连杆由电机通过减速齿轮驱动作圆周运动，保持摆杆平衡。电机编码器和角编码器向运动卡反馈连杆和摆杆位置（角位移）。

- 交流伺服电机驱动器
- 内有交流伺服电机
- 端子板等
- 减速齿轮
- 摆杆
- 连杆
- 角编码器等

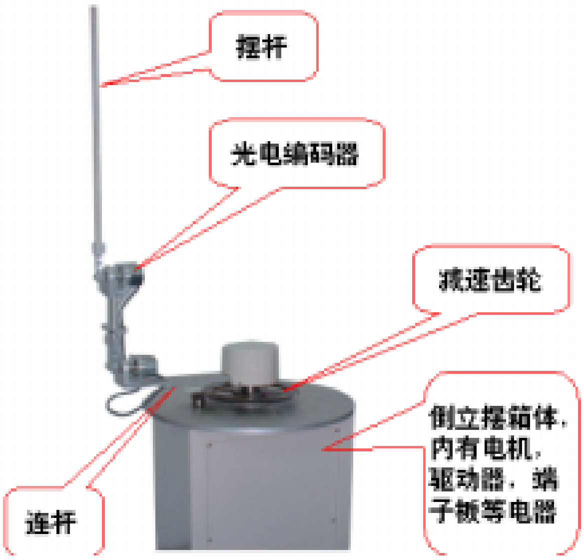


图 2-3 环形倒立摆本体

2.1.2 电控箱内安装有如下主要部件：

- 交流伺服驱动器
- I/O 接口板
- 开关电源
- 开关、指示灯等电气元件

图 2-6 电气控制箱

2.1.3 控制平台主要由以下部分组成：

- 与 IBM PC/AT 机兼容的 PC 机（公司不提供），带 PCI/ISA 总线插槽
- GT400-SV-PCI、GM400 运动控制卡
- GT400-SV-PCI、GM400 运动控制卡用户接口软件
- 演示实验软件

第三章　准备、安装与调整

3.1 运动控制器的安装

- 首先，检查板卡表面是否有损坏。板卡出厂前均通过反复检查和测试，保证其质量可靠。但是，不排除运输等意外损坏的存在。如果板卡表面有损坏，请不要使用，立即与我们联系。安装运动控制器之前，请先详细阅读本说明书相关内容，对常用的跳线、接口及定义须有一定的了解和掌握。
- 为了防止静电损害运动控制器，请在接触运动控制器电路或插/拔运动控制器之前触摸有效接地金属物体（如计算机外壳），以泻放身体所携带的静电荷。
- 板卡在出厂时，已经按照一般的通用要求设置成缺省状态。通常用户不需要更改他们。
- 关闭计算机电源，打开机箱。
- 将运动控制卡插入空闲的 ISA/PCI 插槽中。
- 运动控制器基地址设置：ISA 型运动控制器出厂时默认基地址为 300(Hex)，并连续占用 12 个主机 I/O 地址；安装 GM400 运动控制器之前请检查主机地址的占用情况以免地址发生冲突，影响系统的工作。GT-400-SV PCI 型运动控制器基地址不用用户设置，安装驱动程序时系统会自动搜索。
- 将 GT-400-SG 运动控制器的 CN2 端和转接板通过 20cm 长的 50 Pin 扁平电缆（随运动控制器附）连接后，插在主机的 PCI 插槽上(若是 ISA 型则插在 ISA 插槽上)并固定，加固时注意使卡上的“金手指”完全插实，不要翘屈。

检查连线无误后开机，若无地址冲突或其它故障，关机进行下面的操作。

3.2　连线

3.2.1　直线型倒立摆连线

运动控制器为 GT400-SV-PCI 型：

- 将电气电控箱的开关打到关闭(OFF)的位置；
- 将运动控制卡的 JP1 插口和电控箱的 CN1 插口用 62 芯“D”型转接电缆连结起来；
- 将转接头(JP2)的插口和电控箱的 CN2 插口用 62 芯“D”型转接电缆连结起来；
- 将电控箱的 9 针插口和 15 针插口和倒立摆本体相应的插口用随机附带的电缆连起来；

- 将电气控制箱的 4 芯航空插头与倒立摆本体上的相应插座用 4 芯电缆连起来；
- 将电源线一端插入电控箱插座，另一端接入 220V AC 电源；
- 图 3-1 为三级摆电控箱与倒立摆机械本体的连线示意图；如果从三级摆改装为二级摆，硬件上只须去掉“ 编码器 3 ”连线即可；同理若要改为一级摆，则去掉“ 编码器 3 ”和“ 编码器 2 ”连线。

运动控制器为 GM400-ISA 型：

- 将电控箱的开关打到关闭(OFF)的位置
- 将运动控制卡的 JP1 插口和电控箱的 CN1 插口用扁平电缆连结起来
- 将转接头(JP2)的插口和电控箱的 CN2 插口用扁平电缆连结起来
- 将电控箱的 25 针插口和 15 针插口和倒立摆的相应插口用随机附带的电缆连起来
- 将电控箱的航空插头与倒立摆的相应插座用 4 芯电缆连起来
- 将电源线一端插入电控箱插座，另一端接入 220V AC 电源

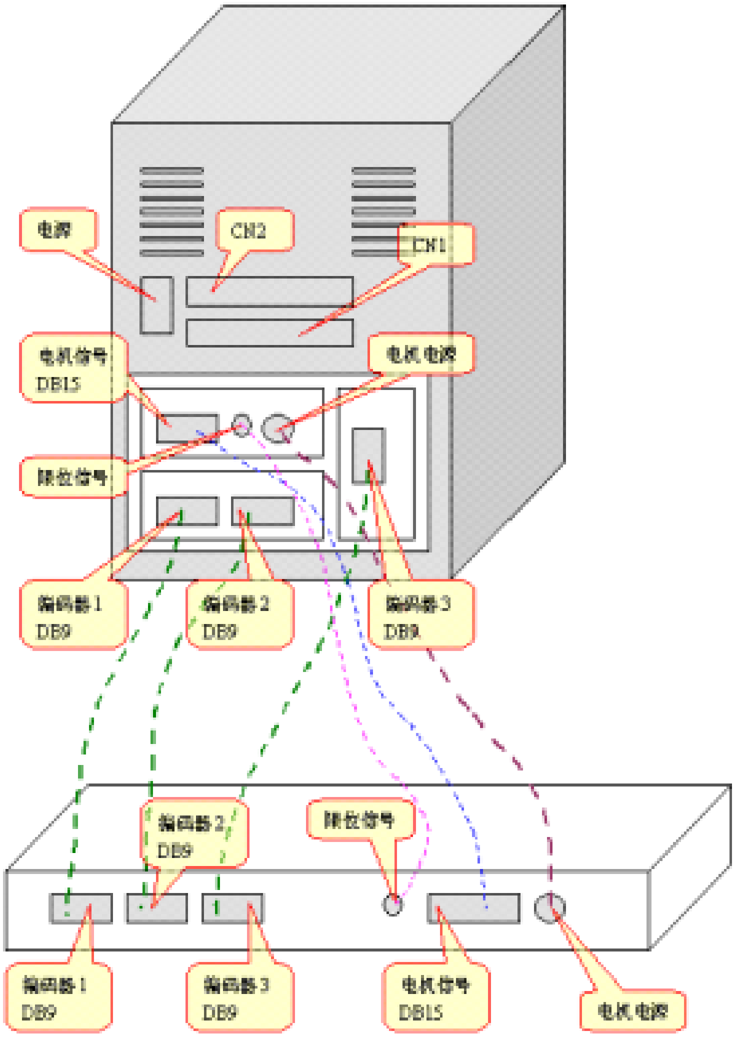


图 3-1 三级摆电控箱与倒立摆本体连线示意

3.2.2　圆周型旋转倒立摆连线

由于圆周型旋转倒立摆系统把电气控制部分集成在倒立摆本体中，连线时PC（带运动控制器）和本体直接相连，方法同直线型倒立摆系统。

3.3　软件安装

3.3.1　驱动安装

控制器为 ISA 型：

运动控制器为 GM400 时,由于系统运行于 Dos 环境,不用装驱动。

控制器为 PCI 型：

运动控制器 GT400-SV-PCI 驱动程序的安装：将 PCI 型运动控制卡安装完毕后、计算机加电启动进入操作系统。系统自动搜索新硬件后，会提示用户插入磁盘进行驱动程序的安装，根据操作系统的不同，选择相应的驱动程序，按照提示一步步进行，最后重新启动计算机。驱动程序放在光盘“GT400 Driver”子目录中。

安装完成后,进入系统属性框。查看设备管理器中是否有“GoogolTech400”标识的硬件，若有则说明安装成功。若没有此硬件，则需重新安装。如果没有硬件地址冲突或其它提示，不要改动系统默认地址。

3.3.2　系统演示及实验软件的安装:

固高倒立摆系统控制演示软件根据操作平台的不同，为用户提供了两种选择：

- ***基于 Win98/MS-DOS 的控制、实验软件***

系统附带的演示和实验软件运行在 DOS 环境下，也可在 Windows 的 DOS Shell 中运行，但是我们强烈建议您退出 Windows 到 DOS 实模式下运行。
安装改演示和实验软件，请按照下面的步骤操作。
在 DOS 环境下：

- 在 DOS 命令符 C:>下键入 MD PEND 创建一个子目录 C:\PEND；
- 将随机所带的产品光盘插入光盘驱动器，假设光盘驱动器为 G；
- 健入 copy　g:\…\ GLIP200* \ I*VL-SFT-BCH-*.* *.*　c:\pend ，将光盘中的演示文件拷贝到子目录 C:\PEND 下。

如果在 Windows 环境下安装，进入资源管理器，将光盘中的 GLIP200* \ I*VL-SFT-BCH-*.0 目录拷贝到空闲的硬盘空间中即可完成安装。

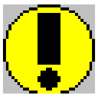
- ***基于 Win2000/XP 操作平台的 Matlab/Simulink 实验、控制软件和接口软件***

该实验控制软件工作 Windows2000/XP 操作系统环境下,不支持 Windows98 和 95。系统运行时需要 MATLAB 6 Release 12.1 以及 SIMULINK 4.1 支持。用

户使用控制软件前需自行安装上述软件。

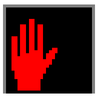
实验控制软件的安装请参阅“ 固高摆系统与自动控制实验 ”指导书第四章。

在正式运行系统前，请详细阅读下一章。



必须操作

- 在进行系统连线、拆卸与安装前，必须关闭系统所有电源。
- 使用前请仔细检查连线如果码盘连线接反,或断线,将会发生冲撞。
- 如果是第一次使用请将同步带卸下，请运行测试程序，确认系统正确无误。



禁止操作

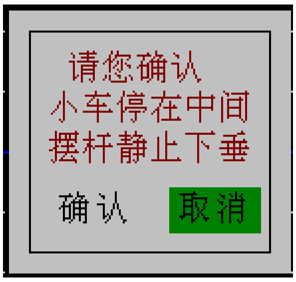
- 站在摆两端的摆杆可达范围之内。
- 系统运行时将手或身体的其他部位伸入小车运行轨道之间。

第四章 系统使用说明

4.1 直线型系统操作步骤(基于 Win98/MS-DOS)

4.1.1 直线一级摆操作步骤

1) 将小车推到正中位置，
2) 使摆杆处于自由下垂的静止状态，
3) 将电脑与电控箱上电，
4) 进入演示和实验软件的安装目录，键入 Pend 启动程序，
5) 键入 S 时会出现一个提示对话框，如下图所示：

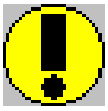


如果没有问题，按 TAB 键将选中“ 确认 ”按钮，然后按回车打开伺服,否则直接按回车或 ESC 键取消操作

7) 键入↑开始起摆；
8) 进入平衡位置后，按←或→左右移动小车；
9) 按 T 停止伺服，
10) 按 ALT+X 退出程序，
11) 关闭电脑与控制箱电源。

4.1.2 直线二级摆操作步骤

1）前六步同直线一级摆的操作步骤① ～ ⑥；
2）由于直线串联二级及以上倒立摆无起摆过程，键入 S 后，用手轻扶最高一级摆杆的末端，扶至竖直位置，感觉有控制力作用时，撤手。
3）进入平衡位置后，按←或→左右移动小车；
4）按 T 停止伺服；如果运行过程中遇到紧急情况，按空格键停止；
5）按 ALT+X 退出程序；
6）关闭电脑与控制箱电源。

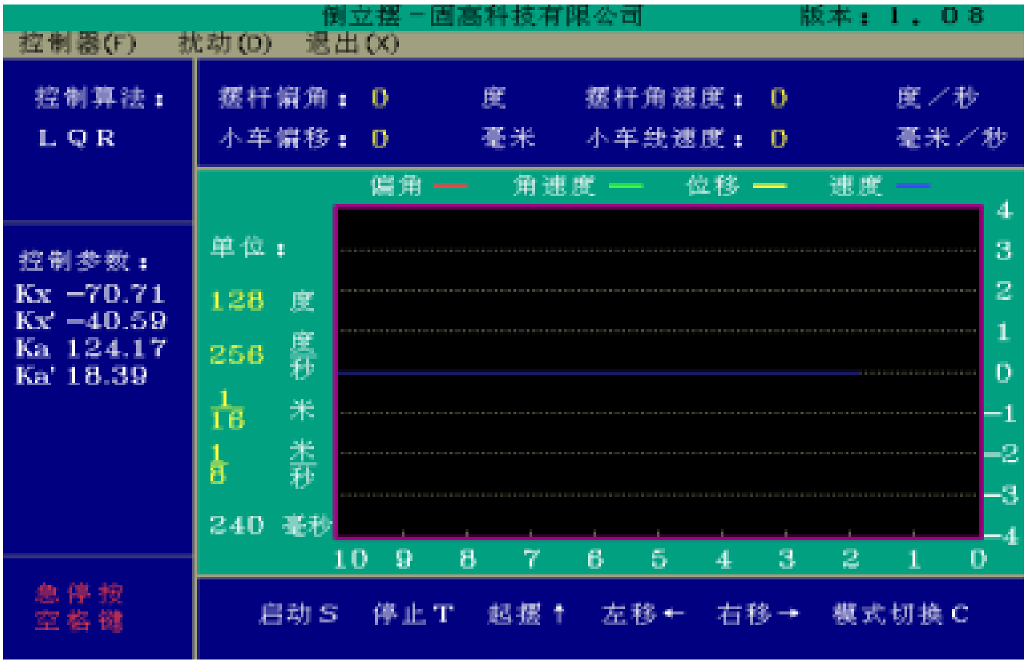


必须操作

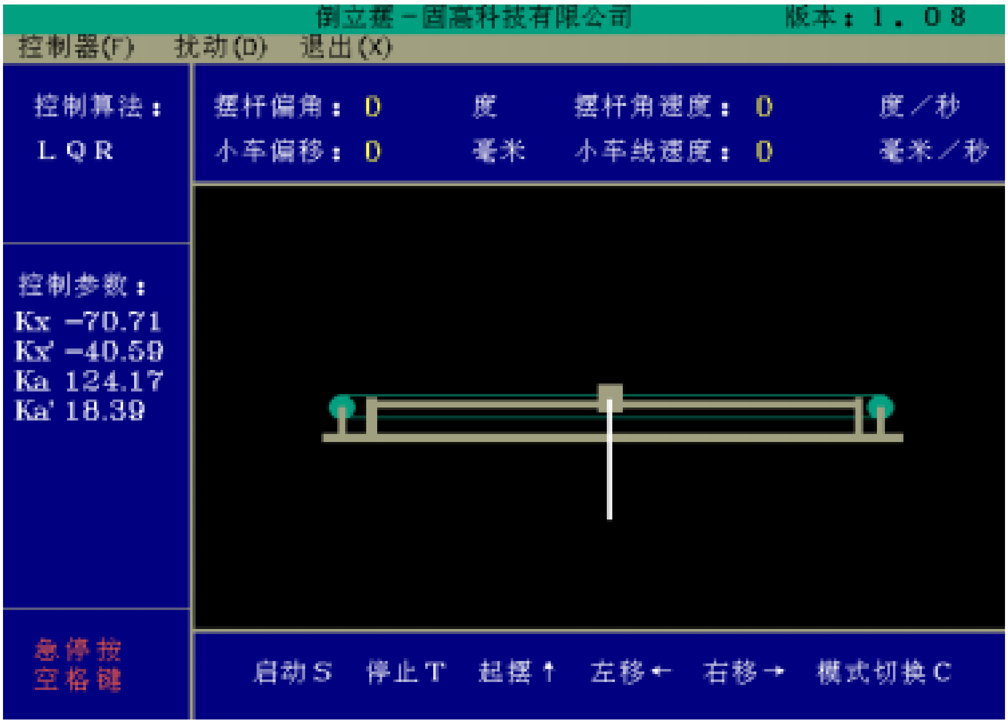
- 系统操作时，请严格按照上述操作步骤进行，任何不正确的操作步骤，都可能导致倒立摆不能正确起摆和平衡，并有可能导致小车撞击两端。
- 如果小车撞击了摆的的两端，而且不能自己回到中间位置，请关闭电控箱电源，退出程序到 **DOS** 状态。然后把摆推到中间位置，重新给电控箱上电，最后键入 **pend**，重新开始操作。

4.1.3 一级摆软件操作说明

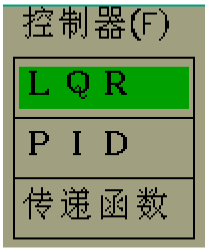
1）键入 Pend 并回车后，出现以下界面：



2）按 C 键转换为仿真界面如下，再按 C 键在两种模式之间转换

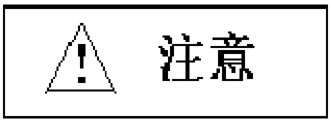


3）控制算法选择



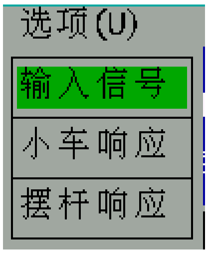
键入 ALT+F 弹出菜单，用上下光标键选择不同的算法,然后按回车键。弹出以下对话框：

输入 MatLab 仿真得出的数据,数据来源的详细说明请看配套的《实验指导书》。按回车保存参数并按新的算法进行控制,同时保存 5 秒钟的响应曲线。按 ESC 或用 TAB 健将焦点移到取消按钮上，再按回车，将取消刚才所作的改动

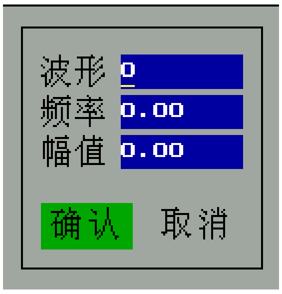


在系统中，倒立摆平衡的默认控制算法为 LQR。当系统采用 LQR 算法进入平衡状态后，可采用上面的方法将平衡控制算法切换到 PID 或传递函数法，由此你可以观察不同的控制算法对倒立摆平衡的控制效果。由于 PID 和传递函数法都无法控制小车的位置，因此，在切换后都有可能引起小车随机向一个方向移动。此时你可以用手沿小车运动的反方向碰一下小车，让小车停下来。

4）设置信号发生器



键入 ALT+U,弹出菜单，选择输入信号栏，按回车键，弹出以下对话框：

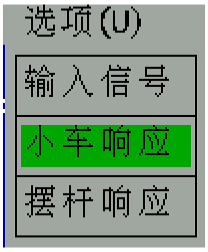


输入波形代码，频率，幅值，按确认保存并退出，按取消不保存退出

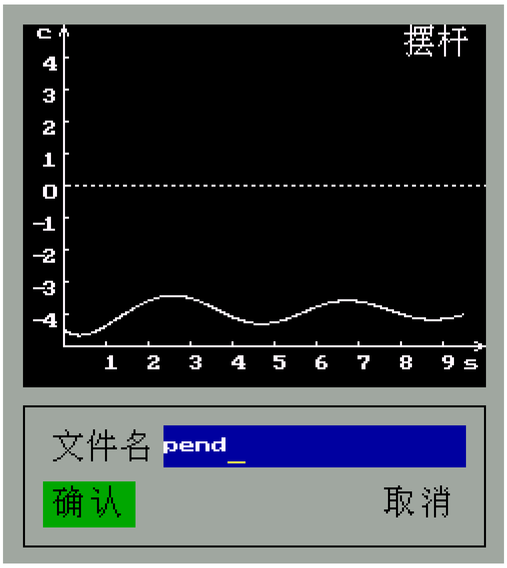
波形代码

0	无信号
5	脉冲
6	阶跃
7	方波
8	正弦
9	锯齿

5）观察和输出响应曲线



输入信号后，程序会记录五秒钟的响应曲线，选择小车响应或摆杆响应，出现以下对话框



输入文件名，例如 pend，按确认，保存该文件到当前目录下，比如是 c:\pend。
到 MatLab 中运行如下指令：
S=load('c:\pend\pend')
plot(S)
MatLab 会将保存的曲线重新绘制出来。

6）放大或缩小曲线幅值

实时曲线界面中用四条不同颜色的线绘制角度，角速度，位移，速度的离散值，其中每个变量的单位又可以放大和缩小，分别定义如下：

F1(F5)——放大(缩小)摆杆角度
F2(F6)——放大(缩小)摆杆角速度
F3(F7)——放大(缩小)小车位移
F4(F8)——放大(缩小)小车速度
每次按键放大或缩小 2 倍坐标单位

7）其它键盘输入

a. 按 S 键打开伺服，
b. 按↑键起摆，
c. 按 ←或 →键左右移动小车，
d. 按 T 键回到零位，并关闭伺服，
e. 按空格键，紧急停车。

在实验过程中，请严格按上述操作步骤进行操作！

4.2 圆周型旋转倒立摆系统操作步骤

4.2.1 环形一级摆操作步骤

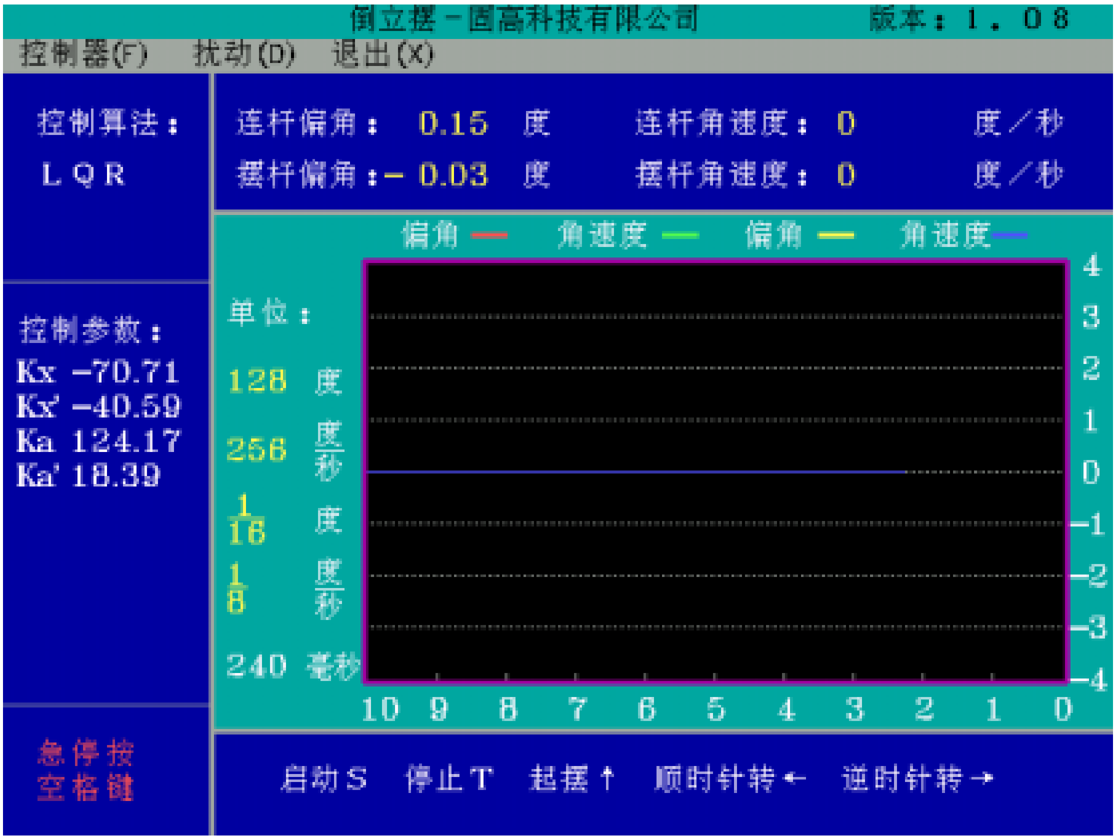
步骤类似于直线型倒立摆系统：

- 使连杆处于任一静止位置，
- 使摆杆处于自由下垂的静止状态，
- 将电脑上电，进入 DOS 环境，
- 电控箱上电，
- 键入 Pend 启动程序，

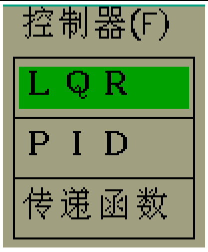
参照 4.1 步骤进行。

4.2.2 圆周型旋转倒立摆系统软件说明

1）键入 Pend 并回车，出现以下界面：



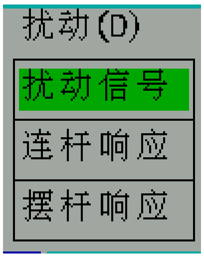
2）控制算法选择



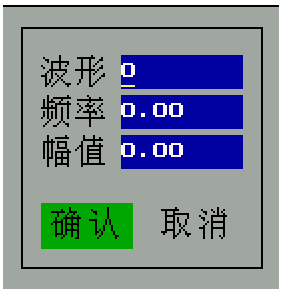
键入 ALT+F 弹出菜单，用上下光标键选择不同的算法,然后按回车键。弹出以下对话框：

输入 MatLab 仿真得出的数据,数据来源的详细说明请看配套的《试验指导书》。按回车保存参数并按新的算法进行控制,同时保存 5 秒钟的响应曲线。按 ESC 或用 TAB 健将焦点移到取消按钮上，再按回车，将取消刚才所作的改动

4）设置信号发生器



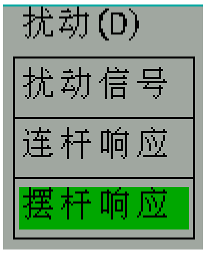
键入 ALT+U,弹出菜单，选择扰动信号栏，按回车键，弹出以下对话框：



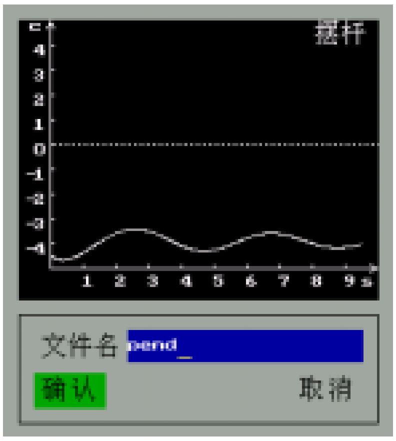
输入波形代码，频率，幅值，按确认保存并退出，按取消不保存退出

波形代码	
0	无信号
0	脉冲
1	阶跃
2	方波
3	正弦
4	锯齿

5）观察和输出响应曲线



输入信号后，程序会记录五秒钟的响应曲线，选择连杆响应或摆杆响应，出现以下对话框



输入文件名，例如 pend，按确认，保存该文件到当前目录下，比如是 c:\pend。

到 MatLab 中运行如下指令：

S=load('c:\pend\pend')

plot(S)

MatLab 会将保存的曲线重新绘制出来。

6）以下步骤同 4.2 节软件说明。

第五章 维护及常见故障处理

1. 定期给摆的滑杆涂抹黄油。

2. 如果同步带过松或过紧，可将定位轮的紧固螺钉拧松，将同步带松紧程度调整到合适再重新固定。

3. 常见故障及处理方法：

故 障 现 象	可 能 原 因	相 应 措 施
启动软件后，小车不动，不起摆	驱动器报警；	1）检查系统伺服报警连线 2）检查编码器的连线
	接口板保险电阻烧坏；	更换电阻
	接口板供电开关电源无输出	更换开关电源
	伺服没有打开；	伺服 ON
小车带动摆杆起摆，但无法正常立到垂直位置	编码器连接部松脱	拧紧紧固螺钉
	电机的连接部松脱	拧紧紧固螺钉
	小车离一端的限位开关过近	起摆前最好将小车放在中间位置
打开伺服后，未起摆前，小车失去控制，向一个方向漂移	GM-400 所占的基地址有冲突	在路径：我的电脑->控制面板->系统->设备管理器->属性->I/O 检查地址有没有冲突
软件打开伺服后(在软件操作键“ S ”按下并回车后启动伺服)，伺服电机没有伺服的声音	编码器连接出错	检查编码器回路的连接
	驱动器过载	关机后重新启动并消除过载原因
	接口板供电电源失效	更换 OK 的开关电源
	接口板保险电阻烧坏	更换电阻
	50pin 扁平电缆连接不良	重新进行 CN2 扁平电缆的安装